

## SPIN VALVE TYPE MAGNETO-RESISTIVE EFFECT HEAD

Patent Number: JP10269532  
Publication date: 1998-10-09  
Inventor(s): FUKAMI EIZO  
Applicant(s): NEC CORP  
Requested Patent: ☐ JP10269532  
Application Number: JP19970071720 19970325  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G11B5/39, G11B5/127  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent a noise such as a Barkhausen jump noise, etc., by reducing instability in magnetization of a second ferromagnetic film due to various heat treatment at the time of manufacturing, generation of heat due to an information detection current or various magnetic fields, etc., and preventing the occurrence of a noise.

**SOLUTION:** This head is constituted of a first ferromagnetic film 11 and a second ferromagnetic film 13 separated by a non-magnetic conductive film 12 and an antiferromagnetic film 14 laminated being in contact with this second ferromagnetic film 13, and the magnetization direction of the first ferromagnetic film 11 is orthogonally intersected with the magnetization direction of the second ferromagnetic film 13 when an external magnetic field is zero. Then, the second ferromagnetic film 13 is provided with a positive magnetostriction constant.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-269532

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/39  
5/127

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39  
5/127

K

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-71720

(22)出願日 平成9年(1997)3月25日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 深見 栄三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

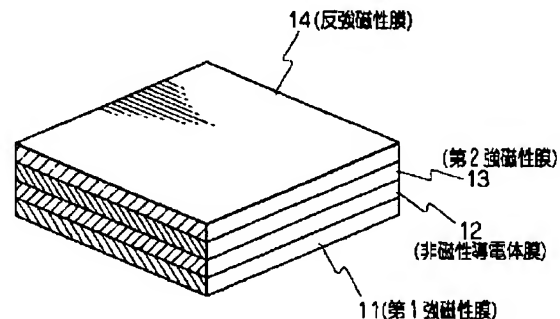
(74)代理人 弁理士 高橋 勇

(54)【発明の名称】 スピンバルブ型磁気抵抗効果ヘッド

(57)【要約】

【課題】 製造時の種々の熱処理、情報検出電流による発熱、或いは様々な磁界等による第2の強磁性膜の磁化の不安定性を低減し、ノイズの発生を防ぎ、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音を防止を図ったスピンバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを提供すること。

【解決手段】 非磁性導電体膜12によって分離された第1の強磁性膜11と第2の強磁性膜13と、この第2の強磁性膜13に接して積層された反強磁性膜14とからなり、第1の強磁性膜11の磁化方向と第2の強磁性膜13の磁化方向が外部磁界がゼロである場合に直交しているスピンバルブ型磁気抵抗効果ヘッドであって、第2の強磁性膜13が正の磁歪定数を有すること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性導電体膜によって分離された第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と、この第2の強磁性膜に接して積層された反強磁性膜とからなり、前記第1の強磁性膜の磁化方向と前記第2の強磁性膜の磁化方向が外部磁界がゼロである場合に直交しているスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2の強磁性膜が正の磁歪定数を有することを特徴としたスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項2】 前記第2の強磁性膜が、 $5 \times 10^{-6}$ 以上の磁歪定数を有することを特徴とする請求項1記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項3】 前記第1の強磁性膜が、 $1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有することを特徴とする請求項1または2記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項4】 前記第1の強磁性膜が、 $-5 \times 10^{-6}$ 以上 $-1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有することを特徴とする請求項1又は2記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項5】 前記第2の強磁性膜が、ニッケル・鉄合金、コバルト・鉄合金又はニッケル・コバルト・鉄合金からなることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項6】 前記第1の強磁性膜が、16重量百分率以上でかつ18重量百分率以下の鉄を含有するニッケル・鉄合金であることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項7】 前記第2の強磁性膜が、22重量百分率以上の鉄を含有するニッケル・鉄合金であることを特徴とする請求項1、2、3、4又は6記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項8】 非磁性導電体膜によって分離された第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と、前記第2の強磁性膜に接して積層された反強磁性膜とからなり、前記第1の強磁性膜の磁化方向と前記第2の強磁性膜の磁化方向が外部磁界がゼロである場合に直交しているスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記第2の強磁性膜が二層以上の積層膜からなり、その内少なくとも1層が正の磁歪定数を有することを特徴とするスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項9】 前記二層以上の積層膜からなる第2の強磁性膜の少なくとも1層が、 $5 \times 10^{-6}$ 以上の磁歪定数を有することを特徴とする請求項8記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項10】 前記第1の強磁性膜が、 $1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有することを特徴とする請求項8又は9記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項11】 前記第1の強磁性膜が、 $-5 \times 10^{-6}$ 以上 $-1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有することを特徴とする請求項8、9又は10記載のスピナバルブ型磁気抵

抗効果ヘッド。

【請求項12】 前記第2の強磁性膜の非磁性導電体膜に隣接する少なくとも1層が、ニッケル・鉄合金、コバルト・鉄合金またはニッケル・コバルト・鉄合金からなることを特徴とする請求項8、9、10又は11記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項13】 前記第1の強磁性膜が、16重量百分率以上でかつ18重量百分率以下の鉄を含有するニッケル・鉄合金であることを特徴とする請求項8、9、10、11又は12記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項14】 前記第2の強磁性膜の非磁性導電体膜に隣接する少なくとも1層が、22重量百分率以上の鉄を含有するニッケル・鉄合金であることを特徴とする請求項8、9、10、11又は13記載のスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、スピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドに係り、特に、スピナバルブ型磁気抵抗効果によって所定の記録媒体から情報を読み取るようにしたスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果素子を利用して磁的に記録された情報を検出する方法はよく知られており、磁気抵抗効果ヘッドとして高密度対応磁気ディスク記憶装置などに用いられつつある。

【0003】従来の磁気抵抗効果素子は、電気抵抗が磁気抵抗効果膜の磁化方向と情報検出電流の方向との角度に対する余弦の2乗で変化する異方性磁気抵抗効果に基づいて作動し、磁気抵抗効果膜であるNiFe合金（パーマロイ）膜やNiFeC合金膜などが一般に用いられている。

【0004】近年、非磁性導電体膜に挟まれた強磁性二層間の電気抵抗が、強磁性二層の磁化方向の角度に対する余弦で変化する現象が見いだされ、さらに、このときの電気抵抗の変化が異方性磁気抵抗効果より大きいことも確認されている。そして、かかる現象を利用したものが、スピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドとして特公平8-21166号公報に開示されている。

【0005】この特公平8-21166号公報に開示されたスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドは、図7に示すように、非磁性金属膜702によって分離された第1の強磁性膜701と第2の強磁性膜703とを有し、外部磁界がゼロである場合に、前述した第1の強磁性膜701の磁化方向M1が第2の強磁性膜703の磁化方向M2に対して直交する方向に向いている。又、この第2の強磁性膜703の磁化方向M2を固定する手段を備え、磁気記録媒体の記録された磁化から発生される磁界を第1の強磁性膜701の磁化回転による電気抵抗変化量を

検知し得るようになっていいる。

【0006】そして、この場合、当該第2の強磁性膜703の磁化M2を固定する手段として、この第2の強磁性膜703の前述した非磁性金属膜702側の面とは反対側の面に隣接して反強磁性膜704を積層し、前述した第2の強磁性膜703と反強磁性膜704とを交換結合させる方法が行われている。ここで、反強磁性膜704の材料としては、鉄・マンガン合金や酸化ニッケル等が用いられている。

【0007】また、前述した図7に示す第1の強磁性膜701を単一の磁区状態に保持するために、図8に示す従来例では、第1の強磁性膜801の端部領域だけに硬質強磁性膜805a、805bを配設するという手法を採用している。これも従来より一般的に用いられている。そして、この場合、その硬質強磁性膜805a、805bの材料として、コバルト・白金合金やコバルト・クロム・白金合金などが用いられている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前述した第2の強磁性膜703と反強磁性膜704との交換結合力は熱的に不安定であり、製造時の種々の熱処理、情報検出電流による発熱あるいは様々な磁界などによって、第2の強磁性膜703の磁化方向が変化し、ヘッド素子として線形動作をしなくなったりする場合がある。これはノイズの発生原因になる。

【0009】又、時には、交換結合力が働かなくなつて前述した第2の強磁性膜703の磁化が磁界によって自由に回転するようになり、これがため、時にはヘッド素子として動作しない場合も生じる。

【0010】更に、第1の強磁性膜701、801を単一の磁区構造に保つための拘束力が小さいと、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音を発生する。そして、第1の強磁性膜701、801を単一磁区構造に保つための拘束力を強くするためには、硬質強磁性膜805a、805bの膜厚を厚くする必要がある。

【0011】

【発明の目的】本発明は、上記従来の有する不都合を改善するためのものであつて、製造時の種々の熱処理、情報検出電流による発熱、或いは様々な磁界などによる第2の強磁性膜の磁化の不安定性を低減し、ヘッド素子としての線形動作の信頼性を向上し、ノイズの発生を防ぎ、更に第1の強磁性膜の単一磁区構造をより安定化させることによって、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音を防止を図つたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを提供することを、その目的とする。

【0012】また、第1の強磁性膜の単一磁区構造をより安定化させることによって、硬質強磁性膜の膜厚を適度に薄くし、これによって製造コストの低減を可能としたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを提供することを、その目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明では、非磁性導電体膜によって分離された第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と、第2の強磁性膜に接して積層された反強磁性膜とからなり、且つ前述した第1の強磁性膜の磁化方向と第2の強磁性膜の磁化方向が外部磁界がゼロである場合に直交しているスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前述した第2の強磁性膜が、正の磁歪定数を有すること、という構成を採っている。

【0014】このようなスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子に対して、情報検出電流を流すための電極および適当な絶縁保護膜を形成した後、周知の技術を用いてスライダ加工を施すとともに、加圧バネ、支持アーム等の取り付けおよび電極配線等を行つてスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製した。

【0015】上記のようにして作製されたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドについて再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0016】更に、第2の強磁性膜の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5〜6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇によって再生波形の乱れはなく良好な再生特性が得られ、第2の強磁性膜の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0017】ここで、第2の強磁性膜については、 $5 \times 10^{-6}$ 以上の磁歪定数を有するものを使用してもよい。また、第1の強磁性膜は、 $1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有するものを使用してもよい。

【0018】また、第1の強磁性膜については、 $-5 \times 10^{-6}$ 以上 $-1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有するものを使用してもよい。更に、第2の強磁性膜については、ニッケル・鉄合金、コバルト・鉄合金、又はニッケル・コバルト・鉄合金からなるものを使用してもよい。また、この第1の強磁性膜については、16重量百分率以上でかつ18重量百分率以下の鉄を含有するニッケル・鉄合金としてもよい。第2の強磁性膜については、22重量百分率以上の鉄を含有するニッケル・鉄合金としてもよい。

【0019】また、本発明については、非磁性導電体膜によって分離された第1の強磁性膜と第2の強磁性膜と、前記第2の強磁性膜に接して積層された反強磁性膜とからなり、前記第1の強磁性膜の磁化方向と前記第2の強磁性膜の磁化方向が外部磁界がゼロである場合に直交しているスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前述した第2の強磁性膜が2層以上の積層膜からなり、その内の少なくとも1層が正の磁歪定数を有すること、という構成のものとしてもよい。

【0020】この場合、前述した二層以上の積層膜からなる第2の強磁性膜の少なくとも1層が、 $5 \times 10^{-6}$ 以上の磁歪定数を有するようにしてもよい。

【0021】第1の強磁性膜については、 $1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有するものを使用してもよい。更に、この第1の強磁性膜については、 $-5 \times 10^{-6}$ 以上 $-1 \times 10^{-6}$ 以下の磁歪定数を有するものを使用してもよい。又、前述した第2の強磁性膜の非磁性導電体膜に隣接する少なくとも1層を、ニッケル・鉄合金、コバルト・鉄合金又はニッケル・コバルト・鉄合金からなるものとしてもよい。

【0022】前述した第1の強磁性膜については、16重量百分率以上でかつ18重量百分率以下の鉄を含有するニッケル・鉄合金を使用してもよい。又、第2の強磁性膜の非磁性導電体膜に隣接する少なくとも1層を、22重量百分率以上の鉄を含有するニッケル・鉄合金としてもよい。

【0023】

【発明の実施の形態】

〔第1の実施の形態〕まず初めに、本実施形態におけるスピナル型磁気抵抗効果ヘッドの素子部の基本構造について、図1を用いて説明する。

【0024】この図1に示す基本構造は、適切な基板上に、第1の強磁性膜11、非磁性導電体膜12、第2の強磁性膜13および反強磁性膜14を順次積層して形成させたものである。

【0025】外部磁界が印加されていない場合、第1の強磁性膜11と第2の強磁性膜13との各々の磁化方向はほぼ直交している。第2の強磁性膜13の磁化はそれに隣接した反強磁性膜14と交換結合することによって固定され、磁気記録媒体の記録された磁化から発生される磁界によって、第1の強磁性膜11の磁化が回転し、そのときに生じる電気抵抗に所定の変化量を生じ、これを検知する。

【0026】このとき、外部磁界が印加されていない場合、第1の強磁性膜11の磁化は、磁気記録媒体に対向した空気ベアリング面に対して平行な方向を向いており、第2の強磁性膜13の磁化は垂直方向を向いている。

【0027】ここで、基板、絶縁層および磁気シールド層などを具備した多層構造のスピナル型磁気抵抗効果ヘッドは、通常、空気ベアリング面が形成される結果、大きな引っ張り応力が発生する。即ち、図1に示すヘッド素子を構成する各々の膜は、空気ベアリング面に対して垂直方向に大きな引っ張り応力を受ける。

【0028】この図1におけるスピナル型磁気抵抗効果ヘッドは、反強磁性膜14によって磁化方向が固定されている第2の強磁性膜13に正に大きな磁歪定数を有する材料を用い、この第2の強磁性膜13が受ける引っ張り応力により、その磁化方向を空気ベアリング面

に対して垂直な方向に大きな応力誘導磁気異方性を発生させ、第2の強磁性膜13自体の磁気異方性を安定化させる。

【0029】また、第1の強磁性膜11についても、正で小さいか或いは負で適度な大きさの磁歪定数を有する材料を選定することによって、第1の強磁性膜11が受ける引っ張り応力により、その磁化方向を空気ベアリング面に対して平行な方向に応力誘導磁気異方性を発生させ、外部磁界が印加されていない場合にその磁化を安定化させる。

【0030】ただし、この場合、負に大きな磁歪定数を有する材料を用いると、空気ベアリング面に対して平行な方向に磁化が安定化され過ぎて外部磁界に対する感度が低下することになる。

【0031】次に、この図1に示す基本構造の素子を利用した磁気抵抗効果ヘッドの具体的な例を図2に示す。この図2に示す磁気抵抗効果ヘッドは、絶縁膜が形成された基板（図2では省略）上に、第1の強磁性膜21、非磁性導電体膜22、第2の強磁性膜23および反強磁性膜24が順次積層成膜され、かつ、前述した非磁性導電体膜22、第2の強磁性膜23および反強磁性膜24の中央部を残して切除され、その切除された領域に硬質強磁性膜25a、25bが配設されている。

【0032】即ち、形状的には、第1の強磁性膜21の端部領域上だけに、硬質強磁性膜25a、25bが積層された構造となっている。

【0033】基板としては $Al_2O_3$ -TiC系のセラミックが使用され、絶縁膜には膜厚100ナノメートル（nm）の $Al_2O_3$ が用いられている。

【0034】第1の強磁性膜21は厚さが8〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、非磁性導電体膜22は厚さが2.5〔nm〕の銅からなり、第2の強磁性膜23は厚さが3〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、反強磁性膜24は膜厚が20〔nm〕の鉄・マンガン合金からなり、硬質強磁性膜25a、25bは厚さが20〔nm〕のコバルト・クロム・プラチナ合金からなり、これらが、スパッタ法により積層成膜されている。

【0035】ここで、特に第1の強磁性膜21としてはその磁歪定数が「 $-1 \times 10^{-6}$ 」となるように鉄を18重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用い、第2の強磁性膜23としてはその磁歪定数が「 $+1 \times 10^{-5}$ 」となるように鉄を25重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用いた。

【0036】更に、第1の強磁性膜21は、磁気記録媒体に対向した空気ベアリング面に対して平行な方向（即ち、トラック幅方向）に、100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、トラック幅方向に磁気異方性を誘起し、第2の強磁性膜23および反強磁性膜24は、空気ベアリング面に対して垂直な方向（即ち、素子高さ方向）に100エルステッド程度の磁

場を印加しながら成膜することによって、素子高さ方向に磁気異方性を誘起し同時に第2の強磁性膜23と反強磁性膜24との交換結合によって第2の強磁性膜23の磁化をその方向に固定している。

【0037】また、第1の強磁性膜21の両端部に積層されている硬質強磁性膜25a、25bは、第1の強磁性膜21と交換結合しており、それによって第1の強磁性膜21が単一磁区状態を保持している。

【0038】ここで、上述した各々の機能膜の材料においては、一例にすぎず、各々の機能膜として適切な材料を用いればよく、厚さについても機能を損なわない範囲内で設定すればよい。

【0039】更に、図2には示されていないが、磁気記録媒体に記録され、再生したい特定の信号磁界以外の余分な磁界を遮蔽することを目的とした機能膜として、図2のスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の上下に素子を挟むようにして強磁性材料からなるシールド膜を積層形成してもよい。ただし、このときスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子とシールド膜とは電気的に絶縁が保たれている必要がある。

【0040】このようなスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子に対して、情報検出電流を流すための電極および適当な絶縁保護膜を形成した後、周知の技術を用いてスライダ加工を施すとともに、加圧バネ、支持アーム等の取り付けおよび電極配線等を行ってスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製した。

【0041】上記のようにして作製されたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドについて再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0042】更に、第2の強磁性膜の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5~6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇によって再生波形の乱れはなく良好な再生特性が得られ、第2の強磁性膜の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0043】〔第2の実施の形態〕次に、第2の実施の形態として、構造は図2と同じにして、第2の強磁性膜23にその磁歪定数が「 $+1 \times 10^{-5}$ 」となるように鉄を20原子百分率含んだコバルト・鉄合金を用い、他の構成は第1の実施形態の場合と同一の材料を用いてスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製し、再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0044】更に、第2の強磁性膜23の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5~6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇による再生波形の乱れはなく良好な

再生特性が得られ、第2の強磁性膜23の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0045】又、第1の実施例と比較してみると、1.3~1.5倍程度大きな再生出力が得られることを実験的に確認することができた。

【0046】〔第3の実施の形態〕次に、第3の実施形態を図3に基づいて説明する。

【0047】この図3に示す第3の実施形態にあつて、スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子は、絶縁膜が形成された基板（図3では省略）上に、第1の強磁性膜31、非磁性導電体膜32、第2の強磁性膜33および反強磁性膜34が、順次積層成膜され、第1の強磁性膜31、非磁性導電体膜32および第2の強磁性膜33の両端部に、これらを同時に挟み込むようにして硬質強磁性膜35a、35bが配設されている。

【0048】基板としては $Al_2O_3$ -TiC系のセラミックが使用され、絶縁膜には膜厚100〔nm〕の $Al_2O_3$ が用いられている。

【0049】第1の強磁性膜31は厚さが7〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、非磁性導電体膜32は厚さが2.5〔nm〕の銅からなり、第2の強磁性膜33は厚さが2〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、反強磁性膜34は膜厚が22〔nm〕の鉄・マンガン合金からなり、硬質強磁性膜35a、35bは厚さが12〔nm〕のコバルト・プラチナ合金からなり、これらがスパッタ法により積層成膜されている。

【0050】このとき、硬質強磁性膜35a、35bであるコバルト・プラチナ合金の地下膜として、クロムや鉄・クロム合金等を形成しておくことによって、コバルト・プラチナ合金を強い面内磁化膜にしておくことが望ましい。

【0051】ここで、特に第1の強磁性膜31については、その磁歪定数が $-5 \times 10^{-6}$ となるように鉄として16重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用い、第2の強磁性膜33については、その磁歪定数が「 $+5 \times 10^{-6}$ 」となるように前述した鉄として22重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用いた。

【0052】更に、第1の強磁性膜31は、磁気記録媒体に対向した空気ベアリング面に対して平行な方向（即ち、トラック幅方向）に、100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、トラック幅方向に磁気異方性を誘起し、第2の強磁性膜33および反強磁性膜34は、空気ベアリング面に対して垂直な方向（すなわち、素子高さ方向）に100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、素子高さ方向に磁気異方性を誘起し同時に第2の強磁性膜33と反強磁性膜34との交換結合によって第2の強磁性膜33の磁化をその方向に固定している。

【0053】また、第1の強磁性膜31、非磁性導電体膜32および第2の強磁性膜33の両端部に配設された



硬質強磁性膜35a, 35bによって第1の強磁性膜31が単一磁区状態を保持している。

【0054】なお、上述した各々の機能膜の材料においては、一実施例にすぎず、各々の機能膜として適切な材料を用いればよく、厚さについても機能を損なわない範囲内で設定すればよい。

【0055】更に、図3には示されていないが、磁気記録媒体に記録され、再生したい特定の信号磁界以外の余分な磁界を遮蔽することを目的とした機能膜として、図3のスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の上下に素子を挟むようにして強磁性材料からなるシールド膜を積層形成してもよい。ただし、このときスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子とシールド膜とは電氣的に絶縁が保たれている必要がある。

【0056】このようなスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子に対して、情報検出電流を流すための電極および適当な絶縁保護膜を形成した後、周知の技術を用いてスライダ加工を施すとともに、加圧バネ、支持アーム等の取り付けおよび電極配線等を行ってスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製した。

【0057】上記のようにして作製されたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドについて再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0058】更に、第2の強磁性膜の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5~6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇による再生波形の乱れはなく良好な再生特性が得られ、第2の強磁性膜の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0059】〔第4の実施の形態〕次に、第4の実施の形態を図4に基づいて説明する。

【0060】この第4の実施例において、スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子は、絶縁膜が形成された基板（図4では省略）上に、第1の強磁性膜41、非磁性導電体膜42、第2の強磁性膜43および反強磁性膜44が順次積層成膜され、第1の強磁性膜41および非磁性導電体膜42の両端部に硬質強磁性膜45a, 45bが挟み込むようにして配設されている。

【0061】基板としては $Al_2O_3-TiC$ 系のセラミックが使用され、絶縁膜には膜厚100〔nm〕の $Al_2O_3$ が用いられている。

【0062】第1の強磁性膜41は厚さが8.5〔nm〕のコバルト・鉄合金からなり、非磁性導電体膜42は厚さが2.5〔nm〕の銅からなり、第2の強磁性膜43は厚さが2〔nm〕のコバルト・ニッケル・鉄合金からなり、反強磁性膜44は膜厚が25〔nm〕のニッケル・マンガン合金からなり、硬質強磁性膜45a, 45bは厚さが10〔nm〕のコバルト・クロム・プラチ

ナ合金からなり、これらがスパッタ法により積層成膜されている。

【0063】このとき、硬質強磁性膜35a, 35bであるコバルト・クロム・プラチナ合金の下地膜として、クロムや鉄・クロム合金等を形成しておくことによって、コバルト・クロム・プラチナ合金を強い面内磁化膜にしておくことが望ましい。

【0064】ここで、特に第1の強磁性膜41についてはその磁歪定数が $-2 \times 10^{-7}$ となるように鉄として10原子百分率含んだコバルト・鉄合金を用い、第2の強磁性膜403についてはその磁歪定数が $+8 \times 10^{-6}$ となるように、ニッケルとして10原子百分率を含み鉄を20原子百分率含んだコバルト・ニッケル・鉄合金を用いた。

【0065】更に、第1の強磁性膜41は、磁気記録媒体に対向した空気ベアリング面に対して平行な方向（即ち、トラック幅方向）に、80エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、トラック幅方向に磁気異方性を誘起させている。

【0066】また、第2の強磁性膜43および反強磁性膜44は、空気ベアリング面に対して垂直な方向（即ち、素子高さ方向）に80エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜し、更にスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを製造する過程において一定の磁界を印加しながら熱処理を施すことによって、素子高さ方向に磁気異方性を誘起し同時に第2の強磁性膜43と反強磁性膜44との交換結合によって第2の強磁性膜43の磁化をその方向に固定している。

【0067】そして、この第1の強磁性膜41および非磁性導電体膜42の両端部に配設された硬質強磁性膜45a, 45bによって、第1の強磁性膜41が単一磁区状態を保持している。更に、この硬質強磁性膜45a, 45bは、第2の強磁性膜43に隣接しておらず、これによって硬質強磁性膜45a, 45bから第2の強磁性膜43への磁束の流入を防ぎ、第2の強磁性膜43の素子高さ方向に向いている磁化への影響を防いでいる。

【0068】又、第2の強磁性膜43への余分な磁束の流出を防ぐことによって、硬質強磁性膜45a, 45bの膜厚を薄くできる。ここでは、硬質強磁性膜45a, 45bが非磁性導電体膜42の両端部をちょうど覆う高さまで積層されているが、上記に説明したように第2の強磁性膜43に隣接してなければ同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0069】なお、上述した各々の機能膜の材料においては、一例にすぎず、各々の機能膜として適切な材料を用いればよく、厚さについても機能を損なわない範囲内で設定すればよい。

【0070】また、図4には示されていないが、磁気記録媒体に記録され、再生したい特定の信号磁界以外の余分な磁界を遮蔽することを目的とした機能膜として、図

4のスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の上下に素子を挟むようにして強磁性材料からなるシールド膜を積層形成してもよい。ただし、このときスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子とシールド膜とは電氣的に絶縁が保たれている必要がある。

【0071】このようなスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子に対して、情報検出電流を流すための電極および適当な絶縁保護膜を形成した後、周知の技術を用いてスライダ加工を施すとともに、加圧バネ、支持アーム等の取り付けおよび電極配線等を行ってスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製した。

【0072】上記のようにして作製されたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドについて再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0073】更に、第2の強磁性膜の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5〜6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇による再生波形の乱れはなく良好な再生特性が得られ、第2の強磁性膜の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0074】〔第5の実施の形態〕次に、本発明の第5の実施の形態を図5に基づいて説明する。

【0075】この第5の実施例は、図5に示すように、第1の強磁性膜51、非磁性導電体膜52、第2の強磁性膜53および反強磁性膜54の両端部が滑らかに傾斜して形成されている点に構造上の特徴を備えており、この点が前述の第4の実施例と異なっている。

【0076】即ち、絶縁膜が形成された基板（図5においては省略されている）上に、第1の強磁性膜51、非磁性導電体膜52、第2の強磁性膜53および反強磁性膜54が順次積層成膜され、周知のフォトリソ技術等を用いて第1の強磁性膜51、非磁性導電体膜52、第2の強磁性膜53および反強磁性膜54の両端部に滑らかな傾斜を設け、その後、第1の強磁性膜51および非磁性導電体膜52の両端部に硬質強磁性膜55a、55bが挟み込むようにして配設されている。

【0077】基板としては $Al_2O_3-TiC$ 系のセラミックが使用され、絶縁膜には膜厚100〔nm〕の $Al_2O_3$ が用いられている。

【0078】第1の強磁性膜51は厚さが7.5〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、非磁性導電体膜52は厚さが2.5〔nm〕の銅からなり、第2の強磁性膜53は厚さが3〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、反強磁性膜54は膜厚が25〔nm〕の鉄・マンガン合金からなり、硬質強磁性膜55a、55bは厚さが10〔nm〕のコバルト・クロム・タンタル合金からなり、これらがスパッタ法により積層成膜されている。

【0079】このとき、硬質強磁性膜55a、55bで

あるコバルト・クロム・タンタル合金の下地膜として、クロムや鉄・クロム合金等を形成しておくことによって、コバルト・クロム・タンタル合金を強い面内磁化膜にしておくことが望ましい。

【0080】ここで、特に第1の強磁性膜51についてはその磁歪定数が $-2 \times 10^{-6}$ となるように鉄として17.5重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用い、第2の強磁性膜53についてはその磁歪定数が $+8 \times 10^{-6}$ となるように、鉄として23重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用いた。

【0081】更に、第1の強磁性膜51は、磁気記録媒体に対向した空気ベアリング面に対して平行な方向（即ち、トラック幅方向）に100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、トラック幅方向に磁気異方性を誘起させている。

【0082】また、第2の強磁性膜53および反強磁性膜54は、空気ベアリング面に対して垂直な方向（即ち、素子高さ方向）に100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、素子高さ方向に磁気異方性を誘起し同時に第2の強磁性膜53と反強磁性膜54との交換結合によって第2の強磁性膜53の磁化をその方向に固定している。

【0083】また、第1の強磁性膜51および非磁性導電体膜52の両端部に配設された硬質強磁性膜55a、55bによって第1の強磁性膜51が単一磁区状態を保持している。

【0084】更に、硬質強磁性膜55a、55bは、第2の強磁性膜53に隣接しておらず、これによって当該硬質強磁性膜55a、55bから第2の強磁性膜53への磁束の流入を防ぎ、第2の強磁性膜53の素子高さ方向に向いている磁化への影響を防いでいる。

【0085】さらに、第2の強磁性膜53への余分な磁束の流出を防ぐことによって、硬質強磁性膜55a、55bの膜厚を薄くできる。

【0086】ここでは、硬質強磁性膜55a、55bが非磁性導電体膜52の両端部をちょうど覆う高さまで積層されているが、上記に説明したように第2の強磁性膜53に隣接してなければ同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0087】なお、上述した各々の機能膜の材料においては、一例にすぎず、各々の機能膜として適切な材料を用いればよく、厚さについても機能を損なわない範囲内で設定すればよい。

【0088】また、図5には示されていないが、磁気記録媒体に記録され、再生したい特定の信号磁界以外の余分な磁界を遮蔽することを目的とした機能膜として、図5のスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の上下に素子を挟むようにして強磁性材料からなるシールド膜を積層形成してもよい。

【0089】ただし、このときスピバルブ型磁気抵抗



効果ヘッド素子とシールド膜とは電氣的に絶縁が保たれている必要がある。

【0090】このようなスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子に対して、情報検出電流を流すための電極および適当な絶縁保護膜を形成した後、周知の技術を用いてスライダ加工を施すとともに、加圧バネ、支持アーム等の取り付けおよび電極配線等を行ってスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製した。

【0091】上記のようにして作製されたスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドについて再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0092】更に、第2の強磁性膜の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5〜6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇による再生波形の乱れはなく良好な再生特性が得られ、第2の強磁性膜の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0093】次に、本発明の第6の実施形態を図6に示す。

【0094】この図6に示す第6の実施形態においては、スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子は、絶縁膜が形成された基板（図6においては省略されている）上に、第1の強磁性膜61、非磁性導電体膜62、第2の強磁性膜63および反強磁性膜64が順次積層成膜され、第1の強磁性膜61および非磁性導電体膜62の両端部に硬質強磁性膜65a、65bが挟み込むようにして配設されている。

【0095】さらに、第2の強磁性膜63は、二層63a、63bからなっている。

【0096】基板としては $Al_2O_3-TiC$ 系のセラミックを使用し、絶縁膜には膜厚100〔nm〕の $Al_2O_3$ を用いた。

【0097】第1の強磁性膜61は厚さが8〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、非磁性導電体膜62は厚さが2.5〔nm〕の銅からなり、第2の強磁性膜63の第1層目は厚さが10〔nm〕のコバルト・鉄合金からなり、第2層目は厚さが15〔nm〕のニッケル・鉄合金からなり、反強磁性膜64は膜厚が20〔nm〕の鉄・マンガン合金からなり、硬質強磁性膜65a、65bは厚さが11〔nm〕のコバルト・クロム・プラチナ合金からなり、これらがスパッタ法により積層成膜されている。

【0098】このとき、硬質強磁性膜65a、65bであるコバルト・クロム・プラチナ合金の下地膜として、クロムや鉄・クロム合金等を形成しておくことによって、コバルト・クロム・プラチナ合金を強い面内磁化膜にしておくことが望ましい。

【0099】ここで、特に第1の強磁性膜61としては

その磁歪定数が $-1 \times 10^{-6}$ となるように鉄を18重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用い、第2の強磁性膜63の第1層目についてはその磁歪定数が $-2 \times 10^{-7}$ となるように、鉄として10原子百分率含んだコバルト・鉄合金を用い、第2層目には $+1 \times 10^{-5}$ となるように、鉄を25重量百分率含んだニッケル・鉄合金を用いた。

【0100】更に、第1の強磁性膜61は、トラック幅方向に、100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜することによって、トラック幅方向に磁気異方性を誘起させている。

【0101】また、第2の強磁性膜63および反強磁性膜64は、素子高さ方向に100エルステッド程度の磁場を印加しながら成膜し、さらに、スピバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを製造する過程において一定の磁界を印加しながら熱処理を施すことによって、素子高さ方向に磁気異方性を誘起し同時に第2の強磁性膜63と反強磁性膜64との交換結合によって第2の強磁性膜63の磁化をその方向に固定している。

【0102】また、第1の強磁性膜61および非磁性導電体膜62の両端部に配設された硬質強磁性膜65a、65bによって第1の強磁性膜61が単一磁区状態を保持している。

【0103】更に、硬質強磁性膜65a、65bは、第2の強磁性膜63に隣接しておらず、硬質強磁性膜65a、65bから第2の強磁性膜63への磁束の流入を防ぎ、第2の強磁性膜63の素子高さ方向に向いている磁化への影響を防いでいる。

【0104】又、第2の強磁性膜63への余分な磁束の流出を防ぐことによって、硬質強磁性膜65a、65bの膜厚を薄くできる。

【0105】ここでは、硬質強磁性膜65a、65bが非磁性導電体膜62の両端部をちょうど覆う高さまで積層されているが、上記に説明したように第2の強磁性膜63に隣接してなければ同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0106】なお、上述した各々の機能膜の材料においては、一実施例にすぎず、各々の機能膜として適切な材料を用いればよく、厚さについても機能を損なわない範囲内で設定すればよい。

【0107】また、図6には示されていないが、磁気記録媒体に記録され、再生したい特定の信号磁界以外の余分な磁界を遮蔽することを目的とした機能膜として、図6のスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の上下に素子を挟むようにして強磁性材料からなるシールド膜を積層形成してもよい。ただし、このときスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子とシールド膜とは電氣的に絶縁が保たれている必要がある。

【0108】このようなスピバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子に対して、情報検出電流を流すための電極およ

び適当な絶縁保護膜を形成した後、周知の技術を用いてスライダ加工を施すとともに、加圧バネ、支持アーム等の取り付けおよび電極配線等を行ってスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを作製した。

【0109】上記のようにして作製されたスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドについて再生特性を調べたところ、適切な情報検出電流において線形動作し、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音のない良好な再生波形が得られた。

【0110】更に、第2の強磁性膜の固定された磁化の熱的安定性を確認するために、通常の情報検出電流より5〜6倍程度の大きな電流を流しても、そのときの発熱による温度上昇による再生波形の乱れはなく良好な再生特性が得られ、第2の強磁性膜の固定された磁化の十分な熱的安定性も確認された。

【0111】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、製造時の種々の熱処理、情報検出電流による発熱あるいは様々な磁界などによる第2の強磁性膜の磁化の不安定性を低減し、ヘッド素子としての線形動作の信頼性を向上でき、ノイズの発生を防ぐことができ、更に、第1の強磁性膜の単一磁区構造をより安定化させることによって、バルクハウゼン・ジャンプ・ノイズなどの雑音を防止したスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを提供できる。

【0112】また、第1の強磁性膜の単一磁区構造を独自に安定化させることによって、硬質強磁性膜の膜厚を適度に薄くすることによって、製造コストを低減したスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの素子部分の基本構造（積層部

分）を示す説明図である。

【図2】本発明の第1の実施形態におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの素子部分の例を示す説明図である。

【図3】本発明の第2の実施形態におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの素子部分の例を示す説明図である。

【図4】本発明の第3の実施形態におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの素子部分の例を示す説明図である。

【図5】本発明の第4の実施形態におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの素子部分の例を示す説明図である。

【図6】本発明の第5の実施形態におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッドの素子部分の例を示す説明図である。

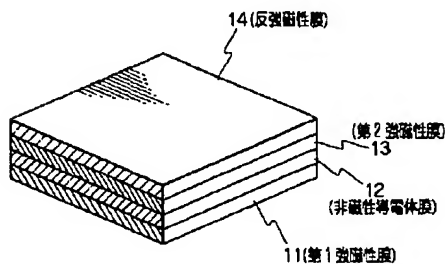
【図7】従来例におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の構成要素の展開例を示す説明図である。

【図8】他の従来例におけるスピナバルブ型磁気抵抗効果ヘッド素子の構成要素の例を示す説明図である。

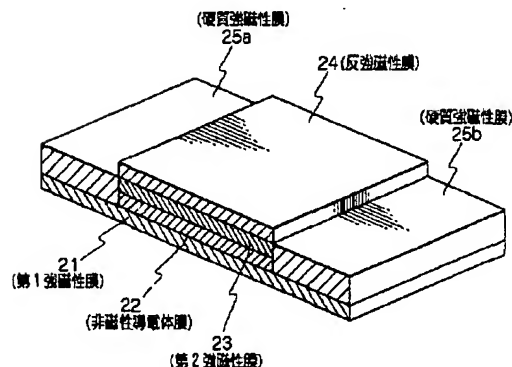
【符号の説明】

11, 21, 31, 41, 51, 61 第1の強磁性膜  
12, 22, 32, 42, 52, 62 非磁性導電体膜  
13, 23, 33, 43, 53, 63, 63a, 63b 第2の強磁性膜  
14, 24, 34, 44, 54, 64 反強磁性膜  
25a, 25b, 35a, 35b, 45a, 45b, 55a, 55b, 65a, 65b 硬質強磁性膜  
h 磁気記録媒体からの磁界  
M1, M2 磁化方向

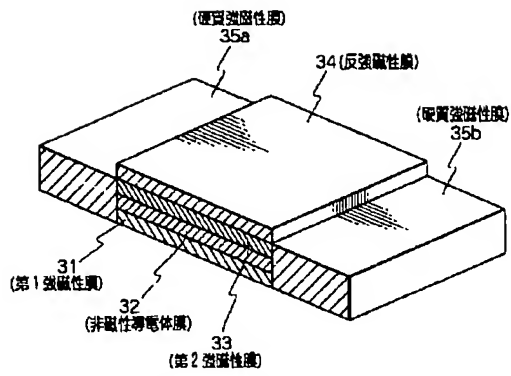
【図1】



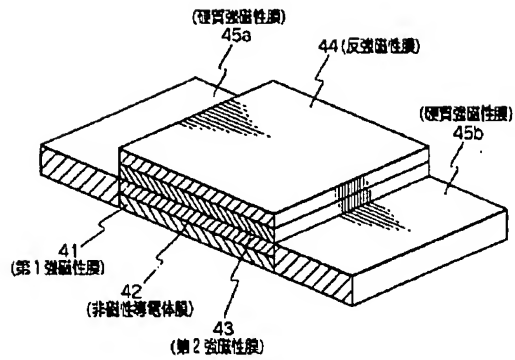
【図2】



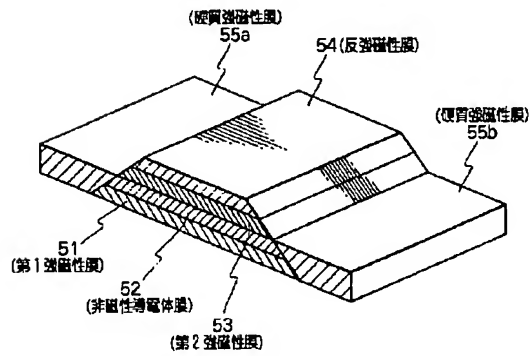
【図3】



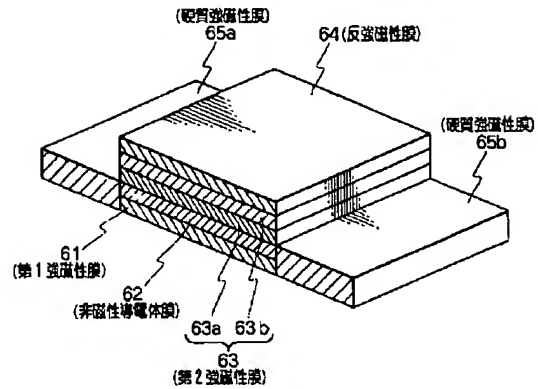
【図4】



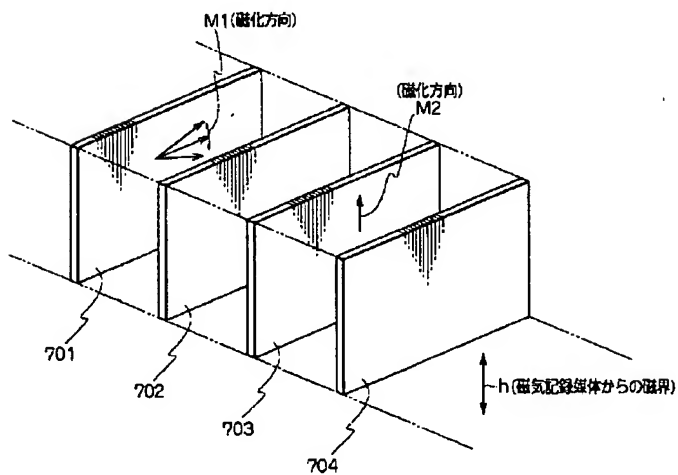
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

